



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Институт автоматизации и процессов управления
Дальневосточного отделения Российской академии наук»
(ИАПУ ДВО РАН)

«СОГЛАСОВАНО»

Зам. директора по научно-
образовательной и инновационной
деятельности, д.ф.-м.н.

Н.Г. Галкин

«14» августа 2014 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ИАПУ ДВО РАН
академик

Ю.Н. Кульчин

«14» августа 2014 г.



ПРОГРАММА ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКЗАМЕНА

по образовательной программе высшего образования – программе подготовки научно-
педагогических кадров в аспирантуре
по специальной дисциплине

Направление подготовки - 03.06.01 Физика и астрономия

Профиль - Биофизика

Форма подготовки очная

Объединенная кафедра подготовки аспирантов

Программа государственного экзамена составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденного приказом министерства образования и науки РФ от 30 июля 2014г. № 867

Рабочая программа обсуждена на заседании объединенной кафедры подготовки аспирантов,
протокол № _____ от «14» августа 2014 г.

Заведующий кафедрой профессор Н.Г. Галкин
Составитель профессор А.И. Абакумов

АННОТАЦИЯ

Программа государственного экзамена по специальной дисциплине «Биофизика» предназначена для обучающихся по образовательной программе высшего образования - программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению 03.06.01 – «Физика и астрономия», профиль «Биофизика».

Программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 03.06.01 – «Физика и астрономия», Типовой программы государственного экзамена по специальности, утвержденной приказом Минобрнауки России от 8 октября 2007 г. № 274.

В основу настоящей программы положены теоретическая и математическая биофизика (кинетика биологических процессов, математическое моделирование микробиологических структур, популяций и сообществ); управление в биологических системах, биофизика в биологии и экологии.

Программа составлена на основе программы, разработанной экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Министерства образования Российской Федерации по физике при участии Института проблем химической физики РАН и Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова.

Государственный экзамен проводится в форме устного опроса.

Программа государственного экзамена включает в себя:

- аннотацию;
- содержание государственного экзамена;
- вопросы к экзамену;
- список рекомендуемой литературы и источников.

I. СОДЕРЖАНИЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКЗАМЕНА

МОДУЛЬ 1. БИОФИЗИКА СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Предмет биофизики, ее место в естествознании. Взаимосвязь физических, физико-химических и биологических процессов в живых организмах.

Разделы и методы биофизики.

Раздел 1. Биофизические процессы

Колебательные процессы в биологии, значение их теоретического исследования. Понятие автоколебательного режима динамической модели. Предельные циклы. Примеры автоколебательных моделей.

Кинетика ферментативных реакций. Особенности механизма ферментативных процессов.

Стационарная кинетика ферментативных реакций. Уравнение Михаэлиса-Ментен. Общие принципы регулирования и анализа более сложных ферментативных реакций. Множественность стационарных состояний биологических систем. Модели триггерного типа. Управляющие параметры. Параметрическое и силовое переключение триггера. Примеры моделей триггерных систем.

Влияние температуры на скорость реакций в биологических системах. Теория абсолютных скоростей реакций и активированного комплекса.

Раздел 2. Биофизические структуры

Мембрана как универсальный компонент биологических систем. Структурная организация мембран. Липиды. Характеристика мембранных белков. Вода как составной элемент биомембран. Модельные мембранные системы. Физико-химические механизмы стабилизации мембран. Фазовые переходы в мембранных системах.

Особенности структуры живых клеток и тканей, лежащие в основе их электрических свойств. Зоны дисперсии электрических параметров биологических объектов.

Проблема транспорта веществ через биомембраны. Проницаемость биомембран. Движущие силы процесса переноса вещества через мембрану. Электрохимический потенциал. Активный и пассивный транспорт. Уравнения диффузии, константа проницаемости.

Причины возникновения биопотенциалов. Потенциал покоя и его связь с распределением ионов. Мембранная теория Ходжкина—Хаксли—Катца. Потенциал действия. Роль натрия и калия в генерации потенциала действия в нервах и мышцах. Роль кальция и хлора в генерации потенциала действия у других объектов. Кинетика изменения потоков ионов при возбуждении. Связь биоэлектрических явлений с метаболизмом и распространением возбуждения.

Кабельная теория проведения возбуждения. Математические модели проведения. Физико-химические изменения в нервах при проведении возбуждения. Основные понятия теории возбудимых сред.

Биофизика сократительных систем. Основные типы сократительных и подвижных систем. Молекулярные механизмы подвижности белковых компонентов сократительного аппарата мышц. Принципы преобразования энергии в механохимических системах. Термодинамические, энергетические и мощностные характеристики сократительных систем. Модели Хаксли, Дещеревского, Хилла.

Раздел 3. Фотосинтез

Спектр действия, поглощение и миграция энергии в фотосинтетической единице. Механизмы разделения зарядов в реакционном центре. Генерация потенциалов. Роль, мембранных структур.

Кинетика и физические механизмы переноса электрона в электронтранспортных цепях фотосинтеза. Механизмы сопряжения

окислительно-восстановительных реакций с трансмембранным переносом протона. Механизмы фотофосфорилирования.

Энергетический и квантовый выход. Молекулярные механизмы других фотобиологических процессов: зрение; фототропизм; фотопериодизм; фототаксис; абиогенный синтез веществ; фотодинамическое действие; фотореактивация; действие ультрафиолета на белки и нуклеиновые кислоты; бактерицидное действие.

Взаимодействие лазерного излучения с биоструктурами.

Молекулярная биофизика. Общие понятия стабильности конфигурации молекул, энергия связи. Макромолекула как основа организации биоструктур. Своеобразие макромолекул как физического объекта.

МОДУЛЬ 2. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В БИОФИЗИКЕ

Раздел 1. Математическое моделирование

Общая характеристика реакций в биологических системах. Описание динамики биологических процессов на языке химической кинетики.

Понятие математической модели. Задачи и возможности математического моделирования в биологии. Понятие адекватности модели реальному объекту. Принципы построения математических моделей биологических систем. Линейные и нелинейные процессы.

Математические модели биологических и экологических систем. Принципы и этапы моделирования. Моделирование динамических систем. Точечные и распределенные модели.

Раздел 2. Динамические системы

Методы качественной теории дифференциальных уравнений в анализе динамических свойств биологических процессов. Понятие фазовой плоскости.

Стационарные состояния биологических систем. Устойчивость стационарных состояний.

Быстрые, медленные переменные. Временная иерархия и принцип узкого места. Его проявление в стационарной кинетике биологических процессов. Понятие о методе квазистационарных концентраций.

Модели на основе систем дифференциальных уравнений. Качественное исследование свойств решений, Фазовое пространство, фазовый портрет.

Раздел 3. Моделирование биофизических процессов

Активные химические и биологические среды. Модель Тьюринга. Распространение возмущений в активных химических и биологических средах.

Пространственно-неоднородные стационарные состояния — диссипативные структуры. Устойчивые и неустойчивые структуры в биологическом морфогенезе. Модели дифференцировки тканей. Базовые модели в математическом моделировании биологических процессов.

Термодинамика необратимых процессов и ее применение к биологическим системам. Классификация термодинамических систем. Первый закон термодинамики и его применение к биологическим системам. Второй закон термодинамики в биологии. Понятие термодинамического равновесия. Изменение энтропии в открытых системах. Теорема Пригожина. Осуществление принципа Ле-Шателье в стационарных состояниях.

Связь энтропии и информации в биологических системах. Понятия количества и ценности информации. Условия запасаания, хранения и переработки информации в макромолекулярных системах.

ВОПРОСЫ К КАНДИДАТСКОМУ ЭКЗАМЕНУ

1. Предмет биофизики, ее место в естествознании. Взаимосвязь физических, физико-химических и биологических процессов в живых организмах. Разделы и методы биофизики.
2. Колебательные процессы в биологии, значение их теоретического исследования.
3. Кинетика ферментативных реакций. Особенности механизма ферментативных процессов.
4. Стационарная кинетика ферментативных реакций. Уравнение Михаэлиса-Ментен. Общие принципы регулирования и анализа более сложных ферментативных реакций.
5. Множественность стационарных состояний биологических систем. Модели триггерного типа. Управляющие параметры. Параметрическое и силовое переключение триггера. Примеры моделей триггерных систем.
6. Влияние температуры на скорость реакций в биологических системах. Теория абсолютных скоростей реакций и активированного комплекса. Ограничения применимости этих представлений в биоструктурах.
7. Общая характеристика реакций в биологических системах. Описание динамики биологических процессов на языке химической кинетики.
8. Понятие математической модели. Задачи и возможности математического моделирования в биологии. Понятие адекватности модели реальному объекту. Принципы построения математических моделей биологических систем. Линейные и нелинейные процессы.
9. Методы качественной теории дифференциальных уравнений в анализе динамических свойств биологических процессов. Понятие фазовой плоскости.
10. Стационарные состояния биологических систем. Устойчивость стационарных состояний.
11. Быстрые, медленные переменные. Временная иерархия и принцип узкого места. Его проявление в стационарной кинетике биологических процессов.

12. Понятие автоколебательного режима динамической модели. Предельные циклы. Примеры автоколебательных моделей.
13. Математические модели биологических и экологических систем. Принципы и этапы моделирования. Моделирование динамических систем. Точечные и распределенные модели.
14. Модели на основе систем дифференциальных уравнений. Качественное исследование свойств решений, Фазовое пространство, фазовый портрет.
15. Активные химические и биологические среды. Модель Тьюринга. Распространение возмущений в активных химических и биологических средах.
16. Пространственно-неоднородные стационарные состояния — диссипативные структуры. Устойчивые и неустойчивые структуры в биологическом морфогенезе. Базовые модели в математическом моделировании биологических процессов.
17. Термодинамика необратимых процессов и ее применение к биологическим системам. Классификация термодинамических систем.
18. Первый закон термодинамики и его применение к биологическим системам. Второй закон термодинамики в биологии. Понятие термодинамического равновесия.
19. Изменение энтропии в открытых системах. Термодинамические условия осуществления стационарного состояния. Связь между величинами химического сродства и скоростями реакций. Стационарное состояние и условие минимума скорости прироста энтропии.
20. Теорема Пригожина. Осуществление принципа Ле-Шателье в стационарных состояниях.
21. Границы применимости линейной термодинамики в биологии. Критерий «удаленности» сложных биологических процессов и их отдельных стадий от термодинамического равновесия.

22. Связь энтропии и информации в биологических системах. Понятия количества и ценности информации. Условия запасания, хранения и переработки информации в макромолекулярных системах.
23. Молекулярная биофизика. Общие понятия стабильности конфигурации молекул, энергия связи.
24. Макромолекула как основа организации биоструктур. Своеобразие макромолекул как физического объекта.
25. Мембрана как универсальный компонент биологических систем. Структурная организация мембран. Липиды. Физико-химические механизмы стабилизации мембран. Фазовые переходы в мембранных системах.
26. Особенности структуры живых клеток и тканей, лежащие в основе их электрических свойств. Зоны дисперсии электрических параметров биологических объектов.
27. Проблема транспорта веществ через биомембраны. Проницаемость биомембран. Движущие силы процесса переноса вещества через мембрану. Уравнения диффузии, константа проницаемости.
28. Причины возникновения биопотенциалов. Концентрационные, диффузионные, фазовые и мембранные потенциалы. Мембранная теория Ходжкина—Хаксли—Катца.
29. Потенциал действия. Роль натрия и калия в генерации потенциала действия в нервах и мышцах. Роль кальция и хлора в генерации потенциала действия у других объектов. Функциональное значение потенциала действия.
30. Связь биоэлектрических явлений с метаболизмом и распространением возбуждения.
31. Кабельная теория проведения возбуждения. Математические модели проведения. Физико-химические изменения в нервах при проведении возбуждения. Основные понятия теории возбудимых сред.
32. Биофизика рецепции. Сенсорная рецепция. Общие представления о структуре и функции рецепторных клеток. Место рецепторных процессов в работе сенсорных систем.

33. Фотосинтез. Спектр действия, поглощение и миграция энергии в фотосинтетической единице. Механизмы разделения зарядов в реакционном центре. Генерация потенциалов. Роль, мембранных структур.
34. Энергетический и квантовый выход. Молекулярные механизмы других фотобиологических процессов.
35. Взаимодействие лазерного излучения с биоструктурами.

II. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИСТОЧНИКОВ

Основная литература

(печатные и электронные издания)

1. Дифференциальные уравнения и их приложение в биологии: учебное пособие / Г. Г. Крашенинникова; [отв. ред. К. А. Логун]. - Магадан: Кордис, 2008. - 155 с.
2. Динамические модели в биологии // Информационная система кафедры биофизики МГУ. М.: МГУ, 2009. Код доступа: <http://www.dmb.biophys.msu.ru/>
3. Free ecological/ecosystem modeling software suite, Ecopath with Ecosim, 2008. Код доступа: <http://www.ecopath.org/>
4. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика Т. 8 Электродинамика сплошных сред [Электронный ресурс]: учебное пособие / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц – М.: Физматлит, 2005. – 656 с.
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2234
5. Кудряшов Ю.Б. Радиационная биофизика. Радиочастотные и микроволновые электромагнитные излучения [Электронный ресурс]: учебник/ Кудряшов Ю.Б., Перов Ю.Ф., Рубин А.Б.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008.— 184 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12982>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
6. Сафонова Л.П. Сборник задач по биофизике [Электронный ресурс]: учебное пособие по курсу «Биофизика»/ Сафонова Л.П., Парашин

- В.Б.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2011.— 60 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31242>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
7. Динамические модели процессов в клетках и субклеточных наноструктурах [Электронный ресурс]/ В.Д. Лахно [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2010.— 448 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16513>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
 8. Шайтан К.В. Проблемы регуляции в биологических системах. Биофизические аспекты [Электронный ресурс]/ Шайтан К.В., Буздин А.А., Карговский А.В.— Электрон. текстовые данные.— Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2007.— 480 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16603>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
 9. Фотоника биоминеральных и биомиметических структур и материалов [Электронный ресурс]/ Ю.Н. Кульчин [и др.].— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011.— 224 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/24485>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
 10. Принципы и методы биохимии и молекулярной биологии [Электронный ресурс]/ Э. Эйткен [и др.].— Электрон. текстовые данные.— М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013.— 858 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/26065>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
 11. Архангельская Ю.С. Модуль «Клетка» [Электронный ресурс]: содержание лекций, контрольные вопросы, тесты. Методическое пособие/ Архангельская Ю.С.— Электрон. текстовые данные.— М.: Человек, 2011.— 144 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/27569>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

12. Финкельштейн А.В. Физика белковых молекул [Электронный ресурс]/ Финкельштейн А.В.— Электрон. текстовые данные.— Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2014.— 425 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/28921>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
13. Рябинин И.А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем [Электронный ресурс]/ Рябинин И.А.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Политехника, Издательство Санкт-Петербургского университета, 2012.— 276 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16298>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
14. Методические указания к лабораторным работам № 2,3,4,5 «Математическое моделирование биологических систем» [Электронный ресурс]/ — Электрон. текстовые данные.— Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2011.— 28 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/17711>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

Дополнительная литература

(печатные и электронные издания)

1. Рубин А.Б. Биофизика: В 2 т. М.: Высшая школа, 2000. Код доступа: <http://www.dmb.biophys.msu.ru/>
2. Ризниченко Г.Ю. Математические модели в биофизике и экологии [Электронный ресурс]/ Ризниченко Г.Ю.— Электрон. текстовые данные.— Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2003.— 184 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16565>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
3. Базыкин А.Д. Математическая биофизика взаимодействующих популяций. М.: Наука, 1985. 182 с.

4. Динамическая теория биологических популяций. Под ред. Полуэктова Р.А. М.: Наука, 1974. 456 с.
5. Свирежев Ю.М., Логофет Д.О. Устойчивость биологических сообществ. М.: Наука. 1978. – 352 с.
6. Романовский Ю.М., Степанова Н.В., Чернавский Д.С. Математическая биофизика. М., 1984. Код доступа:
http://www.newlibrary.ru/author/romanovskii_yu_m___stepanova_n_v___chernavskii_d_s_.html
7. Murray J.D. Mathematical Biology. New York, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2002, 576 p. Код доступа:
<http://www.ift.unesp.br/users/mmenezes/mathbio.pdf>
8. Жижин Г.В. Саморегулируемые волны химических реакций и биологических популяций. Санкт-Петербург: Наука, 2004.- 163 с. Код доступа: <http://lib.mexmat.ru/books/48580>
9. Волькенштейн М.В. Биофизика. М.: Наука, 1988.
10. Кантор Ч., Шиммел П. Биофизическая химия: В 3 т. М.: Мир, 1984.
11. Блюменфельд Л.А. Проблемы биологической физики. М., 1977.
12. Романовский Ю.М., Степанова Н.В., Чернавский Д.С. Математическая биофизика. М., 1984.
13. Ивков В.Г., Берестовский Г.Н. Липидный бислой биологических мембран. М., 1982.
14. Конев С.В., Волотовский И.Д. Фотобиология. Минск, 1979.
15. Котык А., Яначек К. Мембранный транспорт. М., 1980.
16. Биофизика / П.Г. Костюк и др. Киев: Выща школа, 1988.
17. Гросберг А.Ю., Хохлов А.Р. Статистическая физика макромолекул. М., 1989.
18. Чернавский Д.С., Чернавская Н.М. Белок — машина. М.: Янус, 1999.
19. Ландау, Л. Д. Курс теоретической физики. Статистическая физика [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Л. Д. Ландау, Е. М. Лившиц,